

# 超低温冷凍機の性能向上に向けた有機複合材料型熱交換器の開発

～次世代量子技術を支える超低温装置の性能向上～

理学研究科 物質科学専攻

〇准教授 やまぐち あきら  
山口 明

## キーワード

量子テクノロジー, 超低温冷凍機, 複合材料

## 研究概要

絶対零度付近の「超低温環境」を実現する超低温冷凍装置（冷凍機）の重要性が高まっている。例えば、IBM, Google などの企業が開発・製品化を行っている量子コンピュータでは、超低温で動作する超伝導量子ビットが採用された。超伝導は、物質の電気抵抗がゼロになるという性質から電力材料として期待されているが、同時に量子力学的な性質が物質全体に広がった状態としても知られ、量子コンピュータに限らず様々な量子テクノロジーを実現する場としての可能性を秘めている。現在主流となっている超低温冷凍機は、1970年代に開発が行われた He-3/He-4 同位体 - 希釈冷凍方式を採用したものであり（希釈冷凍機）、絶対温度 0.01K（ケルビン）環境を容易に達成することができる。

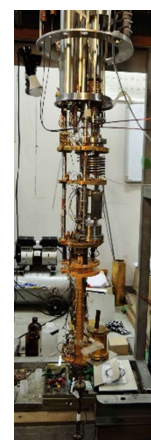
本研究では、最近急速に理解が進んでいる複合材料技術を用いて、希釈冷凍機の熱交換器の小型化、高性能化を目指した研究・開発に取り組んだ。希釈冷凍機における熱交換器の役割は、冷媒であるヘリウム同位体混合ガスを循環させる際に、一度暖まったガスと冷たいガスを効率的に熱交換し、暖かいガスが直接冷却空間に流入するのを防ぐことである。特に超低温環境ではカピツァ抵抗と呼ばれる、隔壁と冷媒ガス間の界面に生じる熱抵抗の低減が必須であり、そのための界面改質を探索した。

## アピールポイント

量子テクノロジーはアメリカ・中国などを中心に世界規模で競争が繰り広げられている次世代分野であり、日本でも「量子技術イノベーション」をキーワードとして戦略的に研究・開発が進められている。超低温冷凍機は、量子技術の達成に向けた、量子材料・量子機能にアクセスするための基礎技術であり、今後ますますの需要が期待される。

兵庫県立大学播磨理学キャンパスにある我々のグループでは、絶対温度 0.001K (1mK) を達成する県内最高性能の超低温冷凍機（図）など、3 台の超低温冷凍機を使って研究を進めている。本発表で述べるような超低温技術基盤の確立だけでなく、様々な量子現象の研究を進められる設備を揃えている。合金などの超伝導特性から、分子性・有機物などの柔らかい材料の量子的性質を幅広く研究しており、グラファイト層間化合物の超伝導や、有機金属構造体 (MOF) の量子磁性機能の発見など、量子性という視点から見た物質の新しい可能性を「超低温冷凍機」というツールを使って探求している。

なお、本研究は名古屋大学和田信雄名誉教授のグループとの共同研究である。



図．超低温冷凍機  
(理学キャンパス)